


**COATING LIQUID FOR FORMATION OF ANTIREFLECTION FILM****Publication number:** JP11084640**Publication date:** 1999-03-26**Inventor:** TANABE MASAHITO; WAKITANI KAZUMASA;  
KOBAYASHI MASAICHI; NAKAYAMA TOSHIMASA**Applicant:** TOKYO OHKA KOGYO CO LTD**Classification:****- international:** **G03F7/09; G03F7/09;** (IPC1-7): G03F7/004; C09D5/00;  
G03F7/11; H01L21/027**- european:** G03F7/09A**Application number:** JP19970256227 19970905**Priority number(s):** JP19970256227 19970905**Also published as:** US6132928 (A1)[Report a data error here](#)**Abstract of JP11084640**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To form a uniform antireflection film without surface defects and without irregular coating from a small amt. of a coating liquid while maintaining the antireflection effect by using a coating liquid showing a specified or smaller contact angle from a resist film when the coating liquid is applied on the resist film. **SOLUTION:** This coating liquid to form a coating film gives a preventing effect against multiple interference of light when the liquid is applied and dried on a resist film, and the liquid has  $\leq 15$  deg., preferably  $\leq 10$  deg. contact angle on the resist film. The contact angle is defined as the angle between the tangential line of the coating liquid for the formation of an antireflection film and the resist film on the contact point of the resist and the coating liquid applied on the resist film, and as the angle including the coating liquid. Any coating liquid can be used as far as the liquid has  $\leq 15$  deg. contact angle from the resist film, and especially, a coating liquid containing a water-soluble film forming component, a fluorine-based surfactant. and N-alkyl-2pyrrolidone is preferably used.

---

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-84640

(43) 公開日 平成11年(1999) 3月26日

(51) IntCl <sup>6</sup>	識別記号	F I
G 0 3 F 7/004	5 0 6	G 0 3 F 7/004 5 0 6
C 0 9 D 5/00		C 0 9 D 5/00 M
G 0 3 F 7/11	5 0 1	G 0 3 F 7/11 5 0 1
H 0 1 L 21/027		H 0 1 L 21/30 5 7 4

審査請求 未請求 請求項の数3 F D (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平9-256227

(22) 出願日 平成9年(1997) 9月5日

(71) 出願人 000220239

東京応化工業株式会社

神奈川県川崎市中原区中丸子150番地

(72) 発明者 田辺 将人

神奈川県川崎市中原区中丸子150番地 東京  
応化工業株式会社内

(72) 発明者 脇谷 和正

神奈川県川崎市中原区中丸子150番地 東京  
応化工業株式会社内

(72) 発明者 小林 政一

神奈川県川崎市中原区中丸子150番地 東京  
応化工業株式会社内

(74) 代理人 弁理士 服部 平八

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 反射防止膜形成用塗布液

(57) 【要約】

【課題】本発明は、反射防止効果を保持しつつ、少量の塗布で均一な塗布膜を形成できる上に、得られた塗布膜には表面欠陥の発生がなく、半導体素子を低コストでかつ歩留まりよく製造できる反射防止膜形成用塗布液を提供すること。

【解決手段】レジスト膜上に反射防止膜を形成する塗布液であって、レジスト膜上に塗布した時レジスト膜との接触角が15度以下となることを特徴とする反射防止膜形成用塗布液。

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】レジスト膜上に干渉防止膜を形成する塗布液であって、レジスト膜上に塗布した時レジスト膜との接触角が15度以下となることを特徴とする反射防止膜形成用塗布液。

【請求項2】塗布液が、水溶性膜形成成分、フッ素系界面活性剤及びN-アルキル-2-ピロリドンを含むことを特徴とする請求項1記載の反射防止膜形成用塗布液。

【請求項3】N-アルキル-2-ピロリドンがN-オクチル-2-ピロリドンであることを特徴とする請求項2記載の反射防止膜形成用塗布液。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、反射防止膜形成用塗布液、さらに詳しくはリソグラフィ技術によりパターン形成を行う際に、レジスト膜内での光の多重干渉を低減させレジストパターン精度の低下を防止する反射防止膜を形成する塗布液に関する。

## 【0002】

【従来技術】半導体素子の製造においては、シリコンウエーハ等の基板上にレジスト膜を設け、これに紫外線、遠紫外線、エキシマレーザー、X線、電子線等の活性線を選択的に照射し、現像処理を行って基板上にレジストパターンを形成するリソグラフィ技術が用いられている。前記リソグラフィ技術で使用するレジストとしては、活性光線の未照射部が現像時に溶解除去されるネガ型レジストや、活性光線の照射部が現像時に溶解除去されるポジ型レジストが使用目的に合わせて適宜選択され使用されている。

【0003】ところが、リソグラフィ技術によるパターン形成においては、レジスト膜内で光の多重干渉が起こり、レジスト膜厚の変動に伴ってレジストパターン寸法幅が変動することが知られている。この光の多重干渉は、基板上に形成したレジスト膜に入射した単波長の照射光が基板からの反射光と干渉し、レジスト膜の厚さ方向で吸収される光エネルギー量が異なることに起因して発生するもので、レジスト膜のバラツキが現像後に得られたレジストパターン寸法幅に影響を与え、結果としてレジストパターン寸法精度を低下させることになる。特に段差を有する基板上に微細なレジストパターンを形成する場合に顕著で、段差を有する基板上にレジストを塗布するとレジスト膜厚が段差に応じて凹凸となり、レジストパターンの寸法精度を低下させることになる。そのため光の干渉作用をなくし、段差を有する基板上であっても微細なパターンを寸法精度よく形成できる技術の開発が望まれていた。

【0004】上記光の干渉作用を低減する手段として、従来、レジスト膜上に反射防止膜を形成する方法が提案され、例えば特公平4-55323号公報、特開平3-

222409号公報ではポリシロキサン、ポリビニルアルコール等の水溶性樹脂膜を形成する方法が、また特開平5-188598号公報では水性処理可能なフィルム形成性のフッ素含有組成物からなる反射防止コーティングする方法などがある。しかしながら、前記方法で形成された反射防止膜はある程度の反射防止効果を有するものの、塗布膜の均一性が悪く、塗布ムラが発生し易いという欠点を有していた。この欠点を解決するため前記方法ではレジスト膜上に多量の反射防止膜形成用塗布液を塗布することで対応してきた。

【0005】ところが、半導体素子の製造分野では、微細加工に伴う技術的な問題の改善とともに、製造コストの低減や歩留の向上が大きな要望事項となっている。しかし上記公報記載の反射防止膜の形成方法では大量の反射防止膜形成用塗布液を使用することからコスト高となり、少量の塗布液で均一で塗布ムラのない反射防止膜が形成でき、かつ表面欠陥の発生のない反射防止膜用塗布液の開発が強く望まれていた。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】こうした現状に鑑み、本発明者等は鋭意研究を続けた結果、レジスト膜上に塗布したときの接触角がレジスト膜に対して15度以下の塗布液であると、加工寸法の微細化に十分対応できる反射防止膜の効果を保持しつつ、少量の塗布で均一性に優れ、塗布ムラや表面欠陥がない反射防止膜が形成できることを見出して、本発明を完成したものである。すなわち

【0007】本発明は、反射防止効果を維持しつつ、少量の塗布液で均一で塗布ムラがなく、しかも表面欠陥の発生がない反射防止膜を形成できる反射防止膜形成用塗布液を提供することを目的とする。

【0008】また、本発明は、製造コストを低減できるとともに歩留まりよく半導体素子を製造できる反射防止膜形成用塗布液を提供することを目的とする。

## 【0009】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成する本発明は、レジスト膜上に干渉防止膜を形成する塗布液であって、レジスト膜上に塗布した時レジスト膜との接触角が15度以下となることを特徴とする反射防止膜形成用塗布液に係る。

【0010】本発明の反射防止膜形成用塗布液は、上記のようにレジスト膜上に塗布、乾燥することで光の多重干渉防止効果を有し、かつ塗布液の接触角がレジスト膜に対して15度以下、好ましくは10度以下になる塗布膜を形成できる塗布液である。前記接触角とは、レジスト膜に塗布した干渉防止膜形成用塗布液とレジスト膜との接点で塗布液に引いた切線とレジスト膜のなす角のうち塗布液を含む角度をいう。このように本発明の反射防止膜形成用塗布液はレジスト膜との接触角が前記範囲にあればよく、どのような塗布液も使用できるが、具体

的には水溶性膜形成成分、フッ素界面活性剤及びN-アルキル-2-ピロリドンを含む塗布液がよい。前記水溶性膜形成成分としては、例えばヒドロキシプロピルメチルセルロースフタレート、ヒドロキシプロピルメチルセルロースアセテートフタレート、ヒドロキシプロピルメチルセルロースアセテートサクシネート、ヒドロキシプロピルメチルセルロースヘキサヒドロフタレート、ヒドロキシプロピルメチルセルロース、ヒドロキシプロピルエチルセルロース、ヒドロキシプロピルセルロース、セルロースアセテートヘキサヒドロフタレート、カルボキシメチルセルロース、エチルセルロース、メチルセルロースなどのセルロース系重合体、N、N-ジメチルアミノプロピルメタクリルアミド、N、N-ジメチルアミノプロピルアクリルアミド、N、N-ジメチルアクリルアミド、N、N-ジメチルアミノエチルメタクリレート、N、N-ジエチルアミノエチルメタクリレート、N、N-ジメチルアミノエチルアクリレート、N-メチルアクリルアミド、ジアセトンアクリルアミド、アクリロイルモルホリン、アクリル酸などを単量体とするアクリル酸系重合体、ポリビニルアルコール、ポリビニルピロリドンなどのビニル系重合体などを挙げることができる。これらの中でもビニル系重合体やアクリル酸系重合体、特にポリビニルピロリドンやポリアクリル酸はレジスト膜との接触角を低くする作用に優れるため好ましく使用できる。これらの水溶性膜形成成分は単独で用いてもよく、また2種以上を組合せて用いてもよい。

【0011】また、フッ素系界面活性剤としては、例えばパーフルオロヘブタン酸、パーフルオロオクタン酸、パーフルオロプロピルスルホン酸、パーフルオロオクチルスルホン酸、パーフルオロデシルスルホン酸、パーフルオロヘブタン酸-アンモニウム塩、パーフルオロオクタン酸-アンモニウム塩、パーフルオロオクチルスルホン酸-アンモニウム塩、パーフルオロプロピルスルホン酸-テトラメチルアンモニウム塩、パーフルオロヘブタン酸-テトラメチルアンモニウム塩、パーフルオロオクチルスルホン酸-テトラメチルアンモニウム塩、パーフルオロデシルスルホン酸-テトラメチルアンモニウム塩、パーフルオロプロピルスルホン酸-モノエタノールアミン塩、パーフルオロオクタン酸-モノエタノールアミン塩、パーフルオロオクチルスルホン酸-モノエタノールアミン塩、パーフルオロデシルスルホン酸-モノエタノールアミン塩などが挙げられる。具体的には、パーフルオロヘブタン酸はEF-201、パーフルオロオクチルスルホン酸はEF-101、パーフルオロオクチルスルホン酸-アンモニウム塩はEF-104、FC-93などとして、パーフルオロヘブタン酸-アンモニウム塩はEF-204、FC-143などとして、パーフルオロデシルスルホン酸-アンモニウム塩はFC-120などとして、それぞれ市販されているものを用いてもよいし、また容易に調合して得ることもできる。これらの

フッ素系界面活性剤の中でも、モノエタノールアミン塩が好ましく、特に干渉防止効果、水に対する溶解性、pH調整のし易さからパーフルオロオクチルスルホン酸-モノエタノールアミン塩が好ましく使用できる。

【0012】さらに、N-アルキル-2-ピロリドンとしては、例えばN-ヘキシル-2-ピロリドン、N-ヘプチル-2-ピロリドン、N-オクチル-2-ピロリドン、N-ノニル-2-ピロリドン、N-デシル-2-ピロリドン、N-ウンデシル-2-ピロリドン、N-ドデシル-2-ピロリドン、N-トリデシル-2-ピロリドン、N-テトラデシル-2-ピロリドン、N-ペンタデシル-2-ピロリドン、N-ヘキサデシル-2-ピロリドン、N-ヘプタデシル-2-ピロリドン、N-オクタデシル-2-ピロリドンなどが挙げられる。これらの中でN-オクチル-2-ピロリドン、N-ドデシル-2-ピロリドンがそれぞれLP100、LP300としてエスピージャパン社より市販されており、容易に入手することができるため好ましく、特にN-オクチル-2-ピロリドンは均一な塗布膜を形成できて好適である。

【0013】上記水溶性膜形成成分、フッ素系界面活性剤及びN-アルキル-2-ピロリドンを含む反射防止膜形成用塗布液は、通常水溶液として用いられ、水溶性膜形成成分の含有量は0.5~10重量%、フッ素系界面活性剤の含有量は1.0~15重量%の範囲で調整されるのが好ましく、またN-アルキル-2-ピロリドンの含有量は、水溶性膜形成成分とフッ素系界面活性剤を溶解した塗布液に対して100~10000ppm、好ましくは150~5000ppmの範囲で添加するのがよい。

【0014】上記に加えて、本発明の反射防止膜形成用塗布液には、塗布膜の特性を向上させるためイソプロピルアルコールなどのアルコール系有機溶剤や他の界面活性剤を配合してもよい。前記界面活性剤としては、例えばアルキルジフェニルエーテルスルホン酸アンモニウム、アルキルジフェニルエーテルスルホン酸テトラメチルアンモニウム、アルキルジフェニルエーテルスルホン酸トリメチルエタノールアンモニウム、アルキルジフェニルエーテルスルホン酸トリエチルアンモニウム、アルキルジフェニルエーテルジスルホン酸アンモニウム、アルキルジフェニルエーテルジスルホン酸ジエタノールアンモニウム、アルキルジフェニルエーテルジスルホン酸テトラメチルアンモニウムなどの陰イオン界面活性剤が好ましく用いられる。

【0015】本発明の反射防止膜形成用塗布液を塗布するレジスト膜を形成するレジストとしては特に制限がなく、通常使用されるレジストの中から任意に選ぶことができ、ポジ型、ネガ型のいずれのレジストでもよい。特に感光性物質と被膜形成物質とからなり、かつアルカリ水溶液により容易に現像できるレジストが好ましく、中でも超微細加工に適用できる特性を備えたポジ型及びネ

ガ型レジストが好適である。前記ポジ型レジストとしては、キノンジアジド系感光性物質と被膜形成物質とを含むポジ型レジスト、露光により発生した酸の触媒作用によりアルカリ溶解性が増大する化学増幅型レジストが挙げられる。前記キノンジアジド系感光性物質としては、キノンジアジド基含有化合物、例えばオルトキノンジアジド、オルトナフトキノンジアジド、オルトアントラキノンジアジドなどのキノンジアジド類のスルホン酸と、フェノール性水酸基またはアミノ基を有する化合物とを、部分若しくは完全エステル化、又は部分若しくは完全アミド化した化合物が挙げられる。前記フェノール性水酸基またはアミノ基を有する化合物としては、例えば

2, 3, 4-トリヒドロキシベンゾエノン、2, 3, 4, 4'-テトラヒドロキシベンゾフェノン、2, 2', 4, 4'-テトラヒドロキシベンゾフェノンなどのポリヒドロキシベンゾフェノンや、没食子アリアル、フェノール、p-メトキシフェノール、ジメチルフェノール、ヒドロキノン、ビスフェノールA、ナフトール、ピロカテコール、ピロガロール、ピロガロールモノメチルエーテル、ピロガロール-1, 3-ジメチルエーテル、没食子酸、水酸基を一部残しエステル化又はエーテル化された没食子酸、アニリン、p-アミノジフェニルアミンなどが挙げられる。そして、特に好ましいキノンジアジド基含有化合物は、ポリヒドロキシベンゾフェノンとナフトキノン-1, 2-ジアジド-5-スルホニルクロリド又はナフトキノン-1, 2-ジアジド-4-スルホニルクロリドとの完全エステル化合物や部分エステル化合物がよい。

【0016】また、被膜形成物質としては、例えばフェノール、クレゾール、キシレノールなどとアルデヒド類とから得られるノボラック樹脂、アクリル樹脂、スチレンとアクリル酸との共重合体、ヒドロキシスチレンの共重合体、ポリヒドロキシベンゾエート、ポリビニルヒドロキシベンザルなどのアルカリ可溶性樹脂などが好ましく挙げられる。特に好ましい被膜形成物質としてはクレゾールやキシレノールの単独または混合物とアルデヒド類との重合体であるノボラック樹脂があり、中でも低分子量成分を除去した重量平均分子量が2000~20000、好ましくは5000~15000の範囲のノボラック樹脂が好適である。

【0017】上記キノンジアジド系感光性物質と被膜形成物質とを含むポジ型レジスト中の感光性物質は被膜形成物質100重量部に対して10~40重量部、好ましくは15~30重量部の範囲で配合するのがよい。

【0018】また、ネガ型レジストとしては従来ネガ型レジストとして使用していたレジストでよく、特に限定されないが、微細パターン形成用のネガ型レジストとして用いられている架橋剤、酸発生剤およびベースポリマーの3成分を含有する化学増幅型ネガ型レジストが好ましい。

【0019】次に本発明の反射防止膜形成用塗布液の使用の方法の一例を示す。まずシリコンウエーハなどの基板上にレジスト膜を形成したのち、本発明の反射防止膜形成用塗布液をスピナーなどの塗布手段を用いて塗布する。前記塗布に当たり、レジスト膜との接触角が15度以下になるように反射防止膜形成用塗布液を調製することが肝要である。次いで、塗布膜を熱処理してレジスト膜上に反射防止膜を形成する。前記加熱は必要に応じて適宜行えばよく、塗布のみで均一性に優れた塗布膜が形成できる場合には省略してもよい。前記反射防止膜を介してレジスト膜に紫外線、遠紫外線、エキシマレーザなどの活性光線を露光装置を用いて選択的に照射し、現像してシリコンウエーハ上にレジストパターンを形成する。

【0020】

【発明の実施の形態】次に実施例に基づいて本発明をさらに詳細に説明するが、本発明はこれらの例によって何ら限定されるものではない。

【0021】

【実施例】

実施例1

クレゾールノボラック樹脂とナフトキノンジアジド化合物を含有するポジ型レジスト（THMR-iP3300、東京応化工業社製）を、12枚の6インチシリコンウエーハ上にスピナー法により塗布し、90℃で90秒間乾燥し、膜厚0.96~1.09μmのレジスト膜が形成されたシリコンウエーハを得た。

【0022】一方、パーフルオロオクチルスルホン酸（EF-101、トーケムプロダクツ社製）の20重量%水溶液500gとモノエタノールアミンの20重量%水溶液30gを混合し、その混合溶液22gを20重量%ポリアクリル酸水溶液10gに添加し、得られた水溶液に純水を加えて全量を200gとした。この水溶液にN-オクチル-2-ピロリドン（LP100、アイエスピージャパン社製）を500ppm加えて反射防止膜形成用塗布液を調製した。

【0023】次いで、上記12枚のシリコンウエーハのレジスト膜上に上記調製した反射防止膜形成用塗布液をスピナー法により塗布し、それぞれ膜厚65nmの均一で塗布ムラのない塗布膜を得た。使用した反射防止膜形成用塗布液の量は2.00ccであった。得られた塗布膜のレジスト膜との接触角を接触角計CA-X150型（共和界面科学社製）を用いて測定したところ8度であった。また、得られた塗布膜の表面欠陥を表面欠陥測定装置WIS-850（キヤノン社製）を使用して測定したところ、シリコンウエーハ上のパーティクル数は0.2μm以上で10個/ウエーハであった。さらに前記シリコンウエーハをクリーンルーム内で48時間放置したのち同様に表面欠陥を測定したところ、11個/ウエーハであった。

【0024】その後、縮小投影露光装置NSR-1755110D（ニコン社製）を使用して、マスクパターンを介して活性光線を照射し、ホットプレート上で110℃で90秒間のベーク処理を行い、2.38重量%のテトラメチルアンモニウムヒドロキシド水溶液で、23℃、65秒間のパドル現像を行った。次いで純水にて30秒間洗浄してレジストパターンを形成したのち、それぞれ12枚のシリコンウエーハ上に同一露光で0.45μmラインパターンを形成した。前記ラインパターン寸法とレジスト膜厚との関係から寸法変動の最大値を求めたところ、0.023μmであった。他方、反射防止膜形成用塗布液を使用しない以外は前記と同様にして0.45μmラインパターンを形成し、その寸法とレジスト膜との関係から寸法変動の最大値を求めたところ0.071であり、前記反射防止膜形成用塗布液が実用的な反射防止膜を形成することが確認された。

#### 【0025】実施例2

実施例1で使用した20重量%のポリアクリル酸水溶液を、20重量%のポリビニルピロリドン水溶液に代えた以外は実施例1と同様にして調製した反射防止膜形成用塗布液を用いて実施例1と同様の評価を行った。塗布した干渉防止膜形成用塗布液は2.0ccであり、また反射防止膜形成用塗布液とレジスト膜との接触角は7度であった。さらに、反射防止膜形成用塗布液の塗布膜の表面欠陥を測定したところ、シリコンウエーハ上のパーティクル数は0.2μm以上が5個/ウエーハであり、またクリーンルーム内でシリコンウエーハを48時間放置した後のパーティクル数は、6個/ウエーハであった。

【0026】上記シリコンウエーハについて、実施例1と同様にして反射防止効果を調べたところ、実施例1と同様に反射防止効果を有することが確認された。

#### 【0027】比較例1

実施例2の反射防止膜形成用塗布液の調製において、N-オクチル-2-ピロリドン（LP100、アイエスピージャパン社製）に代えて、第三級アセチレングリコー\*

\*ル系界面活性剤（サーフィノール104、日信化学工業社製）500ppmを使用した以外は実施例2と同様にして調製した反射防止膜形成用塗布液を用いて実施例1と同様の評価を行った。使用した反射防止膜形成用塗布液の液量は2.5ccであり、また得られた塗布液のレジスト膜との接触角は20度であった。さらに得られた塗布膜の表面欠陥を評価したところ、シリコンウエーハ上にパーティクル数は0.2μm以上で10個/ウエーハ、またクリーンルーム内でシリコンウエーハを48時間放置した後のパーティクル数は、10000個/ウエーハであり、実用上使用できるものではなかった。

#### 【0028】比較例2

実施例1の反射防止膜形成用塗布液の調製において、N-オクチル-2-ピロリドン（LP100、アイエスピージャパン社製）に代えて、ポリオキシエチレンポリオキシプロピレン系界面活性剤（バイオンP-2310、竹本油脂社製）1000ppmを使用した以外は実施例1と同様に調製した反射防止膜形成用塗布液を用いて実施例1と同様の評価を行った。塗布した反射防止膜形成用塗布液は3.0ccであり、また反射防止膜形成用塗布液とレジスト膜との接触角は22度であった。さらに、得られた塗布膜の表面欠陥を測定したところ、シリコンウエーハ上のパーティクル数は0.2μm以上が10個/ウエーハであり、またクリーンルーム内でシリコンウエーハを48時間放置した後のパーティクル数は、10000個/ウエーハであり、実用上使用できるものではなかった。

#### 【0029】

【発明の効果】本発明の反射防止膜形成用塗布液は、反射防止効果を維持しつつ、少量の塗布液で均一で塗布ムラがなく、しかも表面欠陥がない反射防止膜を形成できる塗布液である。前記反射防止膜形成用塗布液を使用することで低コストで、かつ歩留まりよく半導体素子を製造できる。

フロントページの続き

(72)発明者 中山 寿昌

神奈川県川崎市中原区中丸子150番地 東  
京応化工業株式会社内

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record.**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**